



碳化矽用於電機驅動

■文：安森美半導體公司

前言

近年來，電力電子領域最重要的發展是所謂的寬能隙 (WBG) 材料的興起，即碳化矽 (SiC) 和氮化鎵 (GaN)。WBG 材料的特性有望實現更小、更快、更高效的電力電子產品。WBG 功率元件已經對從普通的電源和充電器到太陽能發電和能量存儲的廣泛應用和拓撲結構產生了影響。SiC 功率元件進入市場的時間比氮化鎵長，通常用於更高電壓、更高功率的應用。

電機在工業應用的總功率中占了相當大的比例。它們被用於暖通空調 (HVAC)、重型機器人、物料搬運和許多其他功能。提高電機驅動的能效和可

靠性是降低成本的一個重要途徑。SiC 在高功率工業驅動中的應用越來越多。SiC 的獨特性能使其成為應對這些挑戰的首選電力電子材料。

SiC 材料特性

SiC 是一種半導體材料，它的能隙 (3.26 eV) 比矽 (1.12 eV) 大，對電力電子元件來說有許多有利的特性。

SiC 的介電擊穿強度比矽高 10 倍。功率電子開關最重要的功能之一是保持高電壓。由於介電強度高，SiC 可支援高電壓在較短的距離內通過元件。這個距離也是垂直元件中溝道和漏極觸點之間的漂

移區域。更短的漂移區域降低了元件的電阻，並直接使產生的功率損耗更低。

寬能隙也減少了熱激發載流子的數量，導致自由電子減少，漏電流降低。此外，與傳統的 Si 元件相比，漏電流小，而且在更大的溫度範圍內穩定。這使得 SiC MOSFET 和二極體成為高溫應用的更高效選擇。

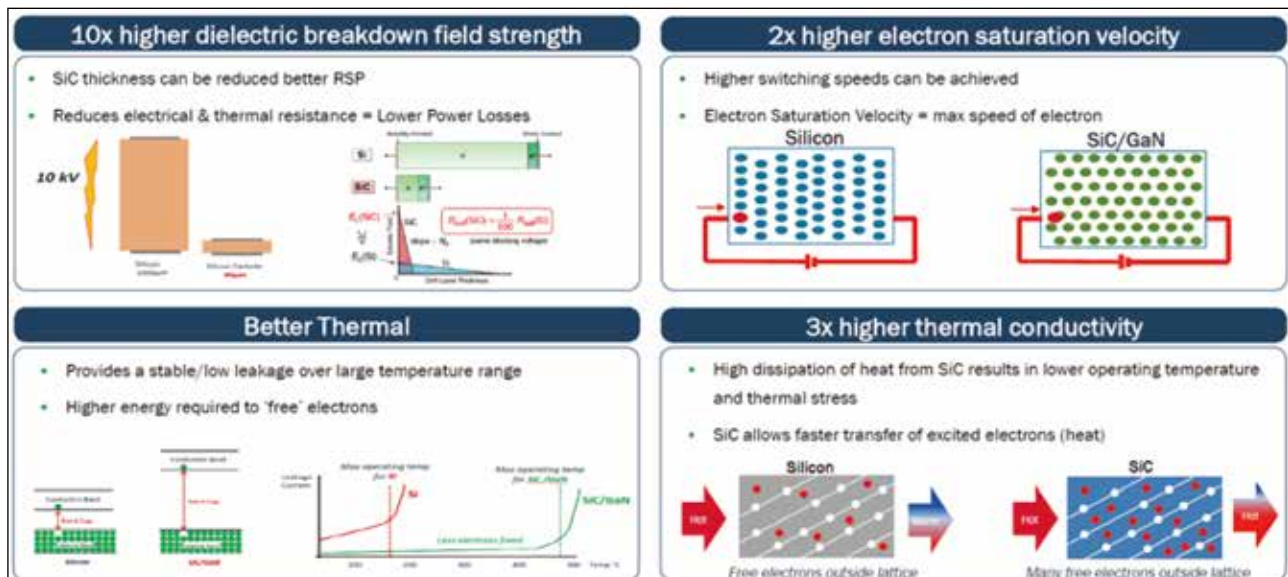
SiC 的熱導率比矽高三倍，可實現更好的散熱。功率電子元件的散熱是系統設計的重要一環。SiC 的熱導率使開關的工作溫度和熱應力降低。

最後，SiC 的電子飽和速度是矽的兩倍，這使得開關速度更快。更快的開關具有更低的開關損耗，可以在更高的脈寬調製 (PWM) 頻率下工作。在一些電源轉換拓撲結構中，更高的 PWM 頻率允許使用更小、更輕和更便宜的無源元件，這些元件往往是系統中最大和最昂貴的部分。

製造 SiC 晶圓 (半導體元件的原材料) 的過程比製造 Si 晶圓更具挑戰性。矽晶錠可以從熔體中拉出，而碳化矽晶錠必須通過化學氣相沉積法在真空中生長。這是個緩慢的過程，而且要使生長缺陷數可接受是很難的。SiC 是一種相對較硬、較脆的材料 (通常用於工業切割)，因此，需要特殊的工藝來從晶錠中切割晶圓。

安森美有多個 SiC 基板的供應協議，可確保產

圖 1：寬能隙優勢



能滿足 SiC 需求的增長。此外，我們正發展 SiC 基板的內部供應。

改進三相逆變器

三相逆變器是可變速高壓電動機驅動的傳統方案，其矽 IGBT 與反並聯二極體共同封裝，用於支持電動機電流換向。三個半橋相位驅動逆變器的三相線圈，以提供正弦電流波形並驅動電動機。

有幾種方法可用 SiC 提高系統的性能。逆變器中浪費的能量由導通損耗和開關損耗組成。SiC 元件會影響這兩種損耗機制。

用 SiC 肖特基勢壘二極體代替反並聯矽二極體變得越來越普遍。Si 反向二極體有反向恢復電流，這會增加開關損耗並產生電磁干擾 (EMI)。SiC 二極體的優點是幾乎沒有反向恢復電流，可降低達 30% 的開關損耗，並可能減少對 EMI 濾波器的需求。同樣，反向恢復電流在導通時會增加集電極電流，因此 SiC 二極體會減小流過 IGBT 的峰值電流，從而提高系統的可靠性。

提高逆變器能效的下一步是用 SiC MOSFET 完全取代 IGBT。SiC MOSFET 可降低 5 倍開關損耗，從而進一步提高能效。SiC MOSFET 的導通損耗可以是相同額定電流的 Si IGBT 的一半，具體取決於元件的選擇。

能效的提高導致更少的散熱。然後，設計人員可以通過縮小冷卻系統或完全消除主動冷卻來降低成本。然後，較小的電動機驅動器可直接安裝在電動機殼體上，從而減少電纜和電動機驅動器櫃。

WBG 器件開關速度很快，這減少了開關損耗，但帶來了其他挑戰。較高的 dv/dt 會產生雜訊，並可能導致對電動機繞組的絕緣產生應力。一種解決方案是使用門極電阻來減慢開關速度，但隨後開關損耗會回升至 IGBT 的水準。另一種解決方案是在電動機相位上放置一個濾波器。濾波器尺寸隨 PWM 頻率的增加而縮小，可在散熱性和濾波器成本之間進行權衡。

快速開關功率元件不能耐受逆變器電路中的雜散電感和電容。所謂的“寄生”電感會由於開關過程中產生的高瞬變而導致電壓尖峰。為消除寄生效應，請確保印刷電路板 (PCB) 的佈局正確。所有電源回路和走線應短，元件排列緊密。即使是門極驅動回路也應謹慎地最小化，以減少由於雜訊而導致不想要的件導通的可能。

功率模組以正確的拓撲結構將多個元件整合在一起用於電機驅動（以及其他），從而提供了一種具有低寄生電感和優化佈局的更快解決方案。功率模組減少需要連到散熱器上的元件數量，從而節省了 PCB 面積並簡化了熱管理。

解決方案

安森美提供不斷擴增的 SiC 元件陣容，適用於廣泛應用。我們的 SiC 二極體有 650 V、1200 V 及 1700 V 版本，採用 TO-220、TO-247、DPAK 及

圖 2：安森美全新 650 V SiC MOSFET



D2PAK 封裝。我們還將 SiC 二極體與 IGBT 共同封裝，以獲得平衡性能和成本的混合解決方案。我們的 SiC MOSFET，有 650 V、900 V 和 1200 V 版本，採用 3 引線和 4 引線封裝，我們正在開發一個基於 SiC MOSFET 的三相逆變器模組。最後，我們還提供專為 SiC 開關設計的非隔離型和電隔離型門極驅動器，以構成全面的解決方案。

總結

SiC 元件的快速開關和更低損耗使其成為高效、整合電動機驅動器的重要解決方案。如上所述，系統設計人員可縮小電動機驅動器的尺寸並使其更靠近電動機，以降低成本並提高可靠性。安森美提供的用於 SiC 電機驅動器的廣泛且不斷擴增的元件和系統適用於廣泛的工業應用。CTA

COMPOTECHAsia 臉書

每週一、三、五與您分享精彩內容

<https://www.facebook.com/lookcompotech>